

# MODELO DE SIMULACIÓN RELACIONADO CON LA INFLUENCIA DE LA FUERZA DE TRABAJO EN LA CADENA DE SUMINISTRO DEL MANGO EN LA REGIÓN DEL TEQUENDAMA. CASO EL COLEGIO<sup>1</sup>

SIMULATION MODEL RELATED TO THE INFLUENCE OF THE LABOR FORCE IN THE SUPPLY CHAIN OF THE MANGO IN THE TEQUENDAMA REGION. CASE OF EL COLEGIO  
MODELO DE SIMULAÇÃO RELACIONADO COM A INFLUÊNCIA DA FORÇA DE TRABALHO NA CORRENTE DE FORNECIMENTO DA MANGA NA REGIÃO DO TEQUENDAMA. CASO EL COLEGIO  
Celina Forero-Almanza<sup>2</sup>; María A. Martínez<sup>3</sup>; Milton Mauricio Herrera<sup>4</sup>

Fecha de recibido: Febrero 05 de 2017 | Fecha de aprobado: Abril 17 de 2017

## **Resumen**

Este artículo presenta la importancia, el papel y la influencia que ejerce la fuerza de trabajo dentro de la cadena productiva del mango en sus procesos cuando esta incluye el eslabón de recuperación, buscando que este sea beneficiado a través de programas de incentivos por parte de entidades públicas o privadas, permitiendo una alternativa de oferta de trabajo para la población. Es así como la influencia que ejerce la fuerza de trabajo puede ser el punto más fuerte o, por el contrario, el eslabón más débil y vulnerable en el desarrollo óptimo de la cadena productiva, por lo que su estudio resulta indispensable a la hora de evaluar la puesta en marcha de este eslabón y los tipos de incentivos y las cantidades necesarias para generar el impacto esperado. Para el desarrollo de la investigación se tomó como referencia el caso de la región del Tequendama - El Colegio.

A partir del uso y aplicación de modelos de simulación desde la dinámica de sistemas, se realizó el estudio del comportamiento de las variables que participan en el proceso, validando la influencia que ejerce la fuerza de trabajo sobre este eslabón frente a los incentivos que puedan recibir y el impacto ambiental generado.

---

1 Artículo de Investigación.

2 MSc. Mercadeo agroindustrial. Profesor asociado Ingeniería de Mercados, Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: celina-forero@unipiloto.edu.co.

3 Ingeniera de Mercados, Universidad Piloto de Colombia. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: mmartinez58@upc.edu.co.

4 MSc. Ingeniería Industrial. Profesor asociado Ingeniería de Mercados, Universidad Piloto de Colombia. Líder Grupo de Investigación Innovación y Gestión IG. Bogotá, Colombia. Correo electrónico: milton-herrera@upc.edu.co.

Finalmente, se concluye que los incentivos contemplados en forma de beneficios tributarios o montos específicos de dinero para los productores o para las industrias son viables en el margen legal y gubernamental dentro de la cadena, tendrían un aporte significativo al impacto ambiental en el sistema de producción y contribuirían a las políticas legales y sociales de la comunidad al generar nuevos empleos<sup>5</sup>.

**Palabras clave:** cadena productiva, fuerza de trabajo, impacto ambiental, sistemas de incentivos, manejo de residuos.

### **Abstract**

This article deals with the importance, role and influence of the labor force in the chain of mango production in its processes when it includes the recovery link, seeking to be benefited through incentive programs by entities, public or private, allowing an alternative labor supply for the population. Thus, the influence of the labor force may be the strongest point or, on the contrary, the weakest and most vulnerable link in the optimum development of the productive chain, so that its study is paramount when evaluating the implementation of this link and the types of incentives and amounts needed to generate the expected impact. For the development of the research the case of the Tequendama - El Colegio region was taken as a reference.

Based on the use and application of simulation models from the dynamics of systems, a study was made of the behavior of the variables involved in the process. It was observed that these variables validate the influence of the labor force on this link regarding the incentives that can be obtained and the environmental impact generated.

Finally, we concluded that the incentives, tax benefits or specific amounts of money, that are paid to the producers or the industries are viable in the legal and governmental margin within the chain. They would also have a significant contribution to the environmental impact in the production system and contribute to the legal and social policies of the community by generating new jobs.

**Key Words:** production Chain, Labor Force, Environmental Impact, Incentive System, Detritus Management

### **Resumo**

Este artigo apresenta a importância, o papel e a influência que exerce a força de trabalho dentro da cadeia produtiva da manga em seus processos quando esta inclui o eslabão de recuperação, procurando que este seja beneficiado através de programas de incentivos por parte de entidades públicas ou privadas, permitindo uma alternativa de oferta de trabalho para a população. É assim como a influência que exerce a força de trabalho pode ser o ponto mais forte ou, pelo contrário, a eslabão mais débil e vulnerável no desenvolvimento ótimo da cadeia produtiva, pelo que seu estudo resulta indispensável à hora de avaliar a posta em marcha deste eslabão e os tipos de incentivos e as quantidades necessárias para gerar o impacto esperado. Para o desenvolvimento da investigação tomou-se como refere o caso da região do Tequendama - El Colegio.

A partir do uso e aplicativo de modelos de simulação desde a dinâmica de sistemas, realizou-se o estudo do comportamento das variáveis que participam no processo, validando a influência que exerce a força de trabalho sobre este eslabão em frente aos incentivos que possam receber e o impacto ambiental gerado.

Finalmente, conclui-se que os incentivos contemplados em forma de benefícios tributários ou montes específicos de dinheiro para os produtores ou para as indústrias são viáveis na margem legal e governamental dentro da cadeia, teriam um contribua significativo ao impacto ambiental no sistema de produção e contribuiriam às políticas legais e sociais da comunidade ao gerar novos empregos.

**Palavras-chave:** cadeia produtiva, força de trabalho, impacto ambiental, sistemas de incentivos, manejo de resíduos.

---

5 Presentamos nuestros agradecimientos al Programa de Ingeniería de Mercados y a la Universidad Piloto de Colombia por facilitar y apoyar las actividades de investigación disciplinar e interdisciplinar y transferencia de conocimiento necesarias para la formación de los futuros profesionales. Este objetivo se alcanza a través del desarrollo de los semilleros de Logística y Empacotécnia y Sistema con participación de docentes y estudiantes para el cumplimiento de estos propósitos.

## INTRODUCCIÓN

El tener en consideración el eslabón de recuperación dentro de las cadenas productivas y en el desarrollo de las industrias podrá dar como resultado una mayor incorporación de nueva fuerza de trabajo y reducción en el impacto ambiental, así como un impacto social dentro de la comunidad, conforme a esto las industrias buscan destacarse dentro de su estructura organizacional y productiva bajo el concepto de desarrollo sostenible, el cual si nos basamos en la teoría les garantiza a las empresas que lo aplican incluir procesos de remanufactura, mejoras amigables con el medio ambiente en todas sus prácticas y, a la vez, una estabilidad financiera dentro del modelo de negocios.

Esta tendencia tiene como objetivo general preservar los recursos para futuras generaciones, por lo que busca ser masiva (WCED, 1987). Sin embargo, para las industrias colombianas pequeñas y microempresas que apenas comienzan, una de las principales barreras a las que se enfrentan los emprendedores es no contar con un músculo financiero, capaz de soportar no solo las primeras inversiones sin tener el margen de reserva mientras se llega nuevamente al punto de equilibrio económico; sumado a estas condiciones, el factor cultural dentro de las compañías transferido como una filosofía implícita es buscar los menores costos a una mayor utilidad dejando de lado las buenas prácticas éticas, morales y ambientales.

Así como las regiones deben ser rediseñadas para ser autosostenibles y sustentables para generar un ecosistema conectado en forma circular (Aguiñaga & Scheel, 2015), igualmente es necesario en una cadena productiva articular en forma circular sus eslabones para ser más eficientes y amigables ambientalmente, ofreciendo oportunidades de empleo.

Conforme a lo anterior, para alcanzar esta sostenibilidad y cumplir con esta normativa es necesario evaluar la estructura de su cadena productiva y establecer el punto de conexión para la conformación de cadenas de remanufactura que les permita cumplir con estos objetivos ambientales y de sostenibilidad.

El concepto de sostenibilidad desde el enfoque de protección del medio ambiente se ha convertido en una necesidad y una tarea constante que implica establecer políticas que permitan un crecimiento socioeconómico amigable y sostenible, como se puede observar en los trabajos de Block, Bo, y Armin, 2015, en los que se busca comparar diferentes

políticas frente a algunas estrategias, con el fin de garantizar los objetivos de la calidad ambiental (Hördur & Wiktorsson, 2014). De aquí la importancia que tiene diseñar e implementar programas de incentivos a las cadenas productivas y las industrias para que participen activamente con planes de acción, mejores formas de contratación y desarrollo de recurso humano.

Se han realizado estudios de este tipo de cadena en los que se presentan y evalúan procesos de remanufactura en las cadenas de suministros inversas. Es decir, un bucle que se encarga de recolectar los productos desechados que pasan por una revisión y posteriormente son transformados y se integran nuevamente en la cadena (Vlachos, Georgiadis, & Iakovou, 2006). En este estudio se evaluaban a la vez políticas de planificación de capacidad dentro de una compañía. Estas investigaciones muestran los efectos a la hora de implementar una ley, norma o política general, tanto en tiempos de respuesta (Pruyt, 2012) como en su relación directa en la evolución e implementación de sostenibilidad (Mazur, 2014).

En Colombia, Incauca, así como Ingenio Providencia en el Valle del Cauca son una muestra evidente de la aplicación de estos sistemas, en los que por medio de procesos de transformación generan un producto comerciable en nuevos mercados donde la cachaza, la cual es residuo de la panela, se convierte en alimento equino, disminuyendo el impacto hacia el medio ambiente y, a la vez, se muestra como caso de sostenibilidad por generar una retribución monetaria (Cáceres & Bello, 2016). Por otra parte, la Cervecería Nacional, ubicada en México, por medio de un proyecto de recuperación generó ahorros clave en la operación de la planta, y a nivel económico y ambiental logró disminuir 338,6 toneladas de CO<sub>2</sub> (Gracia, Nabir, Serracin, & Stevenson, 2015).

Ante la situación planteada, una de las soluciones propuestas en este documento es la participación de entes privados y gubernamentales que promuevan la evolución de los modelos productivos tradicionales y fomenten las mejoras e inclusión de un eslabón encargado de la recuperación de residuos, remanufactura o la creación de empresas dedicadas a esta actividad económica. Tomando como punto de partida este escenario, uno de los principales factores es la necesidad de la fuerza de trabajo, capaz de ejecutar estos procesos, a través de un sistema de incentivos, que promueva la inclusión de las

poblaciones vulnerables, incentivos que provienen de recursos externos y no afectan la estabilidad y sostenibilidad económica de la cadena o la empresa, provocando un impacto social en las comunidades. En relación con todo lo anteriormente expuesto, se establece que al considerar el eslabón de recuperación (manejo y transformación de residuos), dentro de una cadena productiva, este podrá ser un factor generador de fuerza de trabajo, suscitando un nivel de impacto en las variables internas y externas que intervienen con la cadena y la comunidad afectada.

Se puede observar en el caso particular del municipio El Colegio (Cundinamarca, Colombia), conformado por una comunidad con altos porcentajes de poblaciones entre productores, mujeres cabeza de familia y jóvenes en edad de trabajar, que carecen de recursos y oportunidades de empleo. De allí que sea necesario plantear la posibilidad de un desarrollo industrial y la generación de recursos a partir de programas de incentivos, que estimulen la generación de cadenas productivas de lazo cerrado, las cuales promuevan los procesos de remanufactura a partir de la utilización de residuos generados por los productores, en sus procesos artesanales e industriales. Estos procesos buscan dar origen a la inclusión de estas personas en la fuerza laboral, conjuntamente con la contratación de mano de obra en la cadena de remanufactura, para garantizar la mejora en las condiciones de vida de esta población.

Para tal propósito, se eligió el uso y aplicación de la metodología de simulación de dinámica de sistemas, debido a la comprensión que brinda para entender la interrelación de las variables que conforman los sistemas complejos y la facilidad para modelar y tomar decisiones en escenarios propuestos y proyectados bajo datos reales o ideales y planeados que permitan comprender el modelo ideal de optimización y transformación de residuos y cómo este escenario ideal puede adaptarse fácilmente a las condiciones de los productores asociados a Aspromancol, donde nuestro objeto práctico si bien cuenta con unas características únicas a la vez comparte algunas similitudes con otros productores ubicados en Cundinamarca, lo que vuelve este caso de estudio fácilmente aplicable a otros modelos productivos y escenarios agrícolas.

El objetivo principal de este artículo es presentar la importancia, el papel y la influencia que ejerce la fuerza de trabajo dentro de la cadena productiva del mango en sus procesos cuando esta incluye el eslabón de recuperación, buscando que este sea beneficiado a través de programas de incentivos por

parte de entidades públicas o privadas. Este trabajo se encuentra dividido en tres secciones. La primera sección aborda los antecedentes de la investigación. La hipótesis dinámica se muestra en la sección dos, que presenta las relaciones causales entre las variables que afectan el incremento en la fuerza de trabajo, debido a la configuración de las cadenas de suministro de lazo cerrado. La sección tres presenta los resultados de simulación con la metodología de dinámica de sistemas. Finalmente, se presentan las observaciones parciales de la investigación.

## ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

El escenario planteado para esta investigación surge a partir de la tendencia que existe de crecimiento de industrias de recuperación o cadenas de lazo cerrado, amigables con el medio ambiente, las cuales incluyen procesos de remanufactura y de residuos en la cadena productiva que permiten ser utilizados en otro eslabón, generando así un reintegro de residuos al mismo proceso, a otros en transformación o, por el contrario, generando un canal de comercialización para estos productos con otros mercados, considerando que la inclusión de estos residuos en la cadena exige mayor vinculación de fuerza de trabajo por parte de las industrias.

Tomando en cuenta los resultados de la investigación dentro de la cadena del mango como el objeto práctico de este estudio, se establece que los procesos de refabricación tienen efectos significativos frente al impacto ambiental generado por las industrias de procesamiento de frutas. Dentro de los posibles usos para los residuos generados en los procesos artesanales e industriales en la cadena de mango (almendra, cáscara y fibra), se encuentran, a partir de su transformación, los combustibles, abonos y artesanías para participar nuevamente en los procesos productivos (Barriga, 2007), generar nuevos ingresos y entrar en diferentes mercados, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental al formar más materia prima a través de los residuos: además, se contemplará un desarrollo sostenible para los productores, sus familias y la región, al impactar directamente en la cadena productiva del mango con la generación de nuevas oportunidades de empleo en el territorio y en las industrias transformadoras como en las de recuperación (Fonart, 2009).

Para alcanzar el desarrollo de la remanufactura de dichos residuos, es necesario contar con mano de obra capacitada para estos procesos, condición que obliga a la evaluación, diseño y aplicación de

modelos de transferencia de conocimiento desde enfoques técnicos, tecnológicos, que se impartan a la comunidad de productores, mujeres cabeza de familia y jóvenes en edad de trabajar pertenecientes al municipio de El Colegio, que les permita hacer parte de la fuerza de trabajo industrial y, en consecuencia, mejorar su calidad de vida. Tomando en consideración el panorama actual y el impacto que puede producir en el desarrollo de la cadena productiva y de las poblaciones involucradas en el proceso, es necesario identificar el comportamiento de la cadena de suministros bajo el enfoque de lazo cerrado, la cual se identifica por tener procesos de retroalimentación que pueden generar efectos positivos o negativos en cada uno de los factores o variables que componen el proceso, por lo que se plantea: ¿los procesos de recuperación de residuos en los eslabones de la cadena productiva del mango, artesanales e industriales, influirán en la mayor captación de fuerza de trabajo con reducción directa en el impacto ambiental y mejoramiento del desarrollo social y económico de las comunidades, a través del aporte de programas de incentivos públicos o privados?

Para tal efecto, es necesario reducir la carga ambiental y social generada actualmente por los residuos producidos en esta cadena, responsabilizando a la vez a los actores de esta a través de programas, controles y reglamentaciones relacionados con la producción de residuos y sistemas de recuperación, así como una reglamentación clara sobre los procesos de contratación de la mano de obra (Seuring & Muller, 2008) y formación de la misma que implica definición de políticas internas acordes a las políticas públicas de desarrollo del territorio (Cave, Graham, Daniele, & Hannah, 2014).

Teniendo en cuenta lo anterior, actualmente los consumidores poseen una alta conciencia de las implicaciones ecológicas, económicas y sociales que tienen las industrias en los procesos productivos y la responsabilidad sobre los niveles de sostenibilidad que deben demostrar los productos que allí se fabrican, razón por la cual demandan alimentos producidos de forma sostenible en cumplimiento de las buenas prácticas Sustainable Supply Chain Management (SSCM), que generen ventajas competitivas para la industria y garanticen la seguridad alimentaria de la población. Esta condición obliga a establecer a cada industria su programa de acción relacionado con el manejo de residuos y la calidad de sus productos (Beske, Land, & Seuring, 2013), conforme a los requerimientos de cada territorio y sus comunidades.

De acuerdo con lo anterior, existe también una responsabilidad por parte de los productores e industrias en el manejo adecuado de los residuos, independientemente de cuál sea el eslabón de la cadena que los produzca, debido a que es necesario reconocer el papel que juegan estos residuos en los procesos de descontaminación ambiental con el fin de reducir la huella ecológica y aportar una mejor calidad de vida a los productores, sus familias y el entorno. Este es el caso de los biocombustibles en China, que aplicaron cuatro sistemas de incentivos para que las personas, a través de procesos de refinación, reutilizaran el aceite de cocina como combustible alternativo; entre esos incentivos (incentivos de carácter económico, político, social y ambiental) se utilizaron el tratamiento preferencial de impuestos, una subvención de materia prima, un subsidio de ventas y una ayuda a la inversión de las utilidades de las empresas de biocombustibles, mejorando las condiciones de los recicladores y dando alternativas de mano de obra (Zhang, Li, Zhou, Hou, & Qiu, 2013).

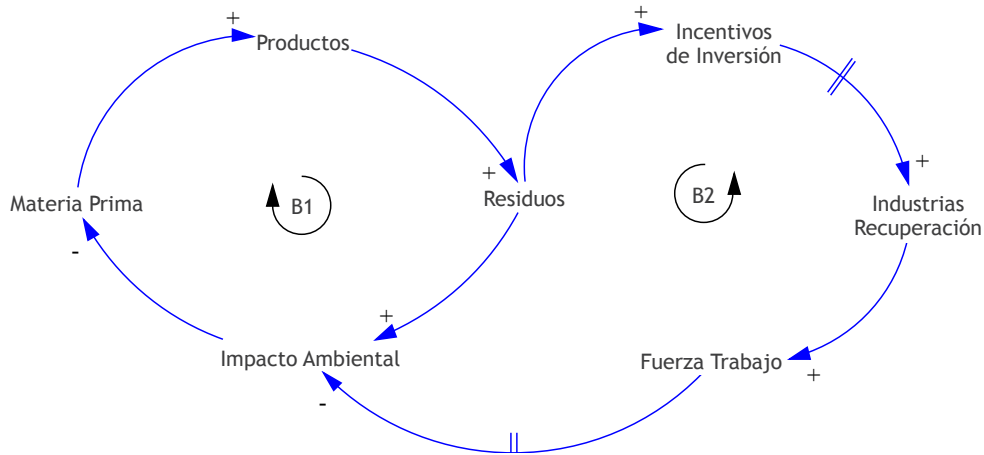
## HIPÓTESIS DINÁMICA

En la actualidad existe una mayor preocupación por el desarrollo sostenible de los países, razón por la cual el crecimiento industrial debe buscar el desarrollo de las comunidades en varios aspectos: económico, social, ambiental y político. Las cadenas de suministro de bucle cerrado contribuyen al desarrollo sostenible e industrial de un país, considerando los roles que desempeñan las funciones públicas y gubernamentales en los programas de globalización de las cadenas de suministro (Vermeulen & Kok, 2012).

De acuerdo con la dinámica y las relaciones entre los actores de las cadenas de suministro existe una preocupación por el diseño adecuado que permita la sostenibilidad de los productos y de la fuerza de trabajo. Apoyados en los resultados obtenidos en el trabajo de campo desarrollado en el marco del proyecto “Apuesta productiva para la optimización de la cadena productiva del mango en la región del Tequendama: modelo de capacitación productiva y de negocios”, en conjunto con los productores se determinaron las variables que hacen parte de cada eslabón relacionado con los residuos generados en los diferentes procesos, el impacto ambiental causado, así como la relación que puede existir entre la cantidad de incentivos y la generación de fuerza de trabajo (reflejadas en el modelo de simulación).

En la figura 1 se presentarán las relaciones entre cada una de las variables propuestas de la investigación.

Figura 1. Hipótesis dinámica del modelo de simulación

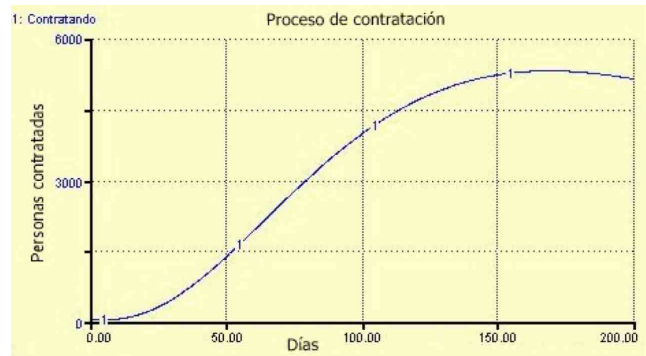


Fuente: adaptación propia.

En la hipótesis dinámica se puede apreciar la conformación de un modelo de simulación a través de una estructura de dos bucles. El bucle B1 está conformado por una materia prima inicial, la cual se transforma en productos para la comercialización y consumo originando un número determinado de residuos, que por su naturaleza misma ocasionan un determinado nivel de impacto ambiental. El segundo bucle está compuesto por los residuos mencionados anteriormente, los cuales para ser reutilizados adecuadamente requieren de la existencia de industrias de recuperación que permitan la transformación de los mismos en materias primas o en nuevos productos, condición que hace necesaria la intervención de programas de incentivos para las industrias que disminuyan los niveles de impacto ambiental negativos ocasionados por sus actividades industriales y la generación de estos residuos. Conforme a lo que se aprecia en la figura 1, el bucle 2 muestra cómo al generar un mayor número de industrias de recuperación, las industrias deberán contar con una fuerza de trabajo adicional en el manejo de estos residuos, aportando de esta manera mayores fuentes de trabajo.

## RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Figura 2. Resultados contratación mano de obra



Fuente: adaptación propia.

En la figura 2 se puede apreciar que a mayor aparición o creación de industrias recuperadoras se requiere un mayor número de fuerza de trabajo; sin embargo, al alcanzar un periodo de 200 días, el incremento de la fuerza de trabajo tiende a estabilizarse, debido a que las industrias recuperadoras

llegan a un balance de personal que les permite con esta cantidad de mano de obra desarrollar sus actividades de recuperación efectivamente. El tiempo de estudio fue de 200 días, lo cual permitiría a la industria en un periodo de 150 días alcanzar un pico de contratación de 5.000 personas aproximadamente, condición que puede hacer competitiva la industria y optimizar las variables estudiadas.

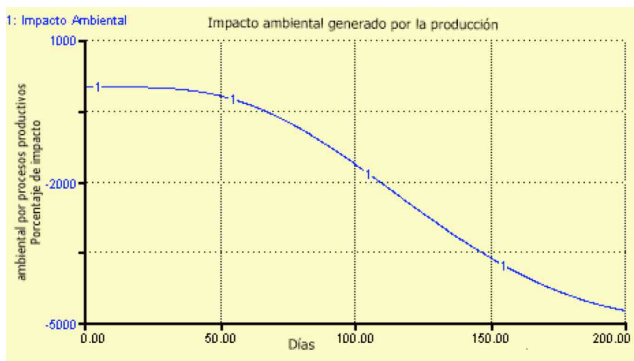
Figura 3. Resultados inventario de residuos reintegrados



Fuente: adaptación propia.

En la figura 3, en el volumen de reintegro de residuos se evidencia que este es directamente proporcional a la cantidad de fuerza de trabajo contratada por las industrias recuperadoras, condición que verifica la hipótesis.

Figura 4. Resultado impacto ambiental



Fuente: adaptación propia.

En la figura 4 se observa un efecto del impacto ambiental en el que gracias a la generación de industrias de recuperación se produce una reducción de los efectos negativos ocasionados por los procesos productivos y los residuos que de allí se derivan.

## CONCLUSIONES

La aplicación de incentivos (capital financiero, social, técnico y humano conforme a los requerimientos de la industria) a los procesos productivos de los productores y las industrias transformadoras permite evidenciar cambios positivos en los niveles de contaminación y en las condiciones de vida de las comunidades. Este impacto ambiental se mide desde el número de emisiones contaminantes producidas por los procesos y la cantidad de residuos que se reintegran al proceso de remanufactura. Por ejemplo, observamos que en el periodo de 0 a 50 días se mantiene una tendencia positiva de contaminación mientras que transcurridos 150 días la tendencia es negativa.

Si bien el caso de estudio aplicado se valoró con incentivos económicos que contribuyen de manera positiva en el desarrollo integral, económico y social de los actores de la cadena, aportando a la región un valor característico de producto transformado y reducción de impacto ambiental, es posible en futuros estudios analizar a profundidad un sistema de incentivos gubernamentales capaz de sustentar estos emprendimientos agrícolas durante periodos cortos de tiempo que garanticen que el modelo sea autosostenible y dé campo a nuevas innovaciones de este tipo.

Las políticas de incentivos orientadas a las industrias para el manejo de residuos generan consciencia en las directivas sobre la creación de programas de control, gestión y transformación de residuos orientados a la sostenibilidad y calidad de los productos.

El incremento de contratación de mano de obra es directamente proporcional al inventario, como se evidencia en los resultados del estudio, donde los residuos aptos para recuperación generan nuevos productos a la vez que se muestran como ciclos dinámicos de contratación. Además, estimula a las generaciones jóvenes (población que según el Dane se estima que sea de 34.617 jóvenes entre los 18 y 26 años para el año 2017) para permanecer en la región y hacer parte de los relevos generacionales, teniendo en cuenta que el 3,12 % de esta población migra a otras ciudades o regiones buscando nuevas oportunidades.

Al implementar el modelo de transformación de residuos en el trabajo de campo se ve necesario aplicar,

como se mencionó anteriormente, el programa de capacitación y transferencia de conocimiento, pues si bien los productores se muestran abiertos y dispuestos a aplicar diferentes técnicas o incluso alterar la cadena básica de producción, aún carecen de conocimientos técnicos sólidos y suficientes para la manipulación adecuada de residuos e incluso no cuentan con una estructura productiva y organizacional apta que sustente esta implementación. Una vez identificada la ausencia de estas condiciones se considera necesario para futuros estudios incluir los sistemas de capacitación como variables activas en el sistema para que sean validadas mediante el uso de modelos de simulación de dinámica de sistemas, generando nuevos escenarios experimentales que sean contrastados bajo enfoques prospectivos en la evolución del proyecto de investigación, que permitan validar la influencia de estos sobre los procesos de manejo y transformación de residuos. En consecuencia, es necesario en próximos estudios establecer el impacto ambiental generado por los residuos en los subprocesos mencionados y la relación de estos con las cantidades que se recuperan y la fuerza de trabajo incluida en estos.

Las limitaciones presentadas en el modelo durante la investigación en el caso de El Colegio se fundamentan en la ausencia de datos precisos debido al escaso registro y acceso a esta información en el ámbito agrícola e industrial, por lo que se tomaron proyecciones y estimaciones de acuerdo a las condiciones climáticas y de mercado de esta región. A través del estudio se evidenció el potencial que posee la industria de generación de residuos en esta cadena, en cada uno de los eslabones con la fuerza de trabajo, para la generación de empleo, mostrando un impacto social para el caso de los productores en comunidades vulnerables como madres cabeza de hogar o jóvenes en edad de laborar.

Finalmente, es menester implementar programas de capacitación dirigidos a la mano de obra con el fin de que esté capacitada y calificada para el manejo y recuperación de estos residuos.

## REFERENCIAS

Aguñaga, E., & Scheel, C. (2015). Developing a Regional Circular Value Ecosystem Based on Residues and Wastes: The Case of Higuera Village, Mexico. *Developing a Regional Circular Value Ecosystem Based on Residues and Wastes: The Case of Higuera Village,*

Mexico (pp. 5-6). Cambridge: System Dynamic Society.

Barriga, A. (2007). *Producción y Uso de aceites vegetales y Biodiesel en Ecuador*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica del Litoral.

Beske, P., Land, A., & Seuring, S. (2014). Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. *El Sevier*, 152, 131-143.

Block, J., Bo, H., & Armin, L. (2015). *Inclusive Green Growth and Sustainable Finance Through Ecotax - a System Dynamics Model*. Cambridge: System Dynamics Society.

Caceres, K., & Bello, F. (2016). *Alternativa productiva para el aprovechamiento del residuo cachaza*. Bogotá, Colombia: Universidad de Rosario.

Cave, S., Graham, W., Daniele, G., & Hannah, D. (2014). *The use of system dynamics in a strategic review of the English dental workforce*. Delft: System Dynamics Society.

Elkington, J. (2002). Cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century. *Oxford: Capstone*, 12-16.

Fonart. (2009). *Manual de diferenciación entre artesanía y manualidad*. Ciudad de México, México: FONART.

Gracia, Y., Nabir, G., Serracín, A., & Stevenson, P. (2015). Logística inversa aplicada en la empresa Cervecería Nacional. S.A. Panamá: Universidad de Panamá.

Hördur, H., & Wiktorsson, M. (2014). *Understanding the policy implementation deficit of the Swedish Environmental Quality Objectives system*. Delft: System Dynamics Society.

Seuring, S., & Muller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *El Sevier*, 3-7.

Vermeulen, W., & Kok, M. (2012). Government interventions in sustainable supply chain governance: Experience in Dutch front-running cases. *El Sevier*, 1-3.



Vlachos, D., Georgiadis, P., & Iakovou, E. (2006). A system dynamics model for dynamic capacity planning of remanufacturing in closed-loop supply chains. *El Sevier*, 2-10.

Zhang, H., Li, L., Zhou, P., Hou, J., & Qiu, Y. (2013). Subsidy modes, waste cooking oil and bio-fuel: Policy effectiveness and sustainable supply chains in China. *El Sevier*, 3-4.

World Commission on Environment and Development. (1987). *Our common future*. United Nations, Secretary-General, United Nations.

## ANEXO

```

 Consumo(t) = Consumo(t - dt) + (Comercializando - Desechando) * dt
INIT Consumo = Comercializando
INFLOWS:
    -> Comercializando = ((Inv_Productos - (Inv_Productos * 0.05))) / T3
OUTFLOWS:
    -> Desechando = ((Consumo - (Consumo * 0.05))) / T4
 Industrias_Recuperación(t) = Industrias_Recuperación(t - dt) + (Generando - Contratando) * dt
INIT Industrias_Recuperación = Generando
INFLOWS:
    -> Generando = Incentivo * 0.10
OUTFLOWS:
    -> Contratando = ((Industrias_Recuperación * 0.30)) / T5
 Inv_Materia_Prima(t) = Inv_Materia_Prima(t - dt) + (Comprando + Reintegro - Procesando) * dt
INIT Inv_Materia_Prima = 1000000
INFLOWS:
    -> Comprando = (Impacto_Ambiental - (Desechando)) / T1
    -> Reintegro = ((Inv_Transformado - (Inv_Transformado * 0.05))) / T9
OUTFLOWS:
    -> Procesando = ((Inv_Materia_Prima - (Inv_Materia_Prima * 0.10))) / T2
 Inv_Residuos(t) = Inv_Residuos(t - dt) + (Recolección - Transformando) * dt
INIT Inv_Residuos = Recolección
INFLOWS:
    -> Recolección = (Consumo * Mano_de_Obra) / T6
OUTFLOWS:
    -> Transformando = ((Inv_Residuos - (Inv_Residuos * 0.05))) / T7
 Inv_Transformado(t) = Inv_Transformado(t - dt) + (Transformando - Reintegro - Venta) * dt
INIT Inv_Transformado = Transformando
INFLOWS:
    -> Transformando = ((Inv_Residuos - (Inv_Residuos * 0.05))) / T7
OUTFLOWS:
    -> Reintegro = ((Inv_Transformado - (Inv_Transformado * 0.05))) / T9
    -> Venta = (Inv_Transformado * 0.05) / T8
 Inv_Productos(t) = Inv_Productos(t - dt) + (Procesando - Comercializando) * dt
INIT Inv_Productos = Procesando
INFLOWS:
    -> Procesando = ((Inv_Materia_Prima - (Inv_Materia_Prima * 0.10))) / T2
OUTFLOWS:
    -> Comercializando = ((Inv_Productos - (Inv_Productos * 0.05))) / T3
 Mano_de_Obra(t) = Mano_de_Obra(t - dt) + (Contratando - Recolección) * dt
INIT Mano_de_Obra = Contratando
INFLOWS:
    -> Contratando = ((Industrias_Recuperación * 0.30)) / T5
OUTFLOWS:
    -> Recolección = (Consumo * Mano_de_Obra) / T6
 Impacto_Ambiental = 1.5 - (Reintegro)
 Incentivo = (Desechando * 1.5)
INIT Mano_de_Obra = Contratando
INFLOWS:
    -> Contratando = ((Industrias_Recuperación * 0.30)) / T5
OUTFLOWS:
    -> Recolección = (Consumo * Mano_de_Obra) / T6
 Impacto_Ambiental = 1.5 - (Reintegro)
 Incentivo = (Desechando * 1.5)
 T1 = 30
 T2 = 25
 T3 = 90
 T4 = 30
 T5 = 30
 T6 = 30
 T7 = 20
 T8 = 90
 T9 = 30
    
```